

(11) Nummer: **AT 403 213 B**

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 8031/96

(51) Int.Cl.⁶ : G01N 27/22

(22) Anmeldetag: 15. 3.1996

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 4.1997

(43) Ausgabetag: 29.12.1997

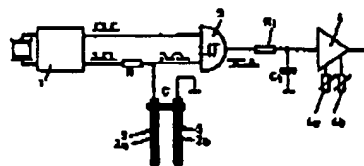
(54) Entgegenhaltungen:

US 5424649A FR 2598810A1 US 4259632A

(73) Patentinhaber:

KAUFMANN RÖDIGER DR.
A-6020 INNSBRUCK, TIROL (AT).(54) **BODENFEUCHTESENSOR**

(57) Ein Bodenfeuchtesensor weist mindestens zwei in den Boden einsteckbare Elektroden (2a, 2b) sowie eine Einrichtung (1) zum Anlegen einer Wechselspannung an die Elektroden auf. Weiters ist eine Einrichtung zum Bilden eines von der elektrischen Kapazität (C) zwischen den Elektroden (2a, 2b) abhängigen Ausgangssignals vorgesehen. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß die elektronischen Bauteile des Bodenfeuchtesensors auf einer Platine (7) angeordnet sind und die Elektroden (2a, 2b) als Leiterbahnen auf vorzugsweise derselben Platine (7) ausgebildet sind.



AT 403 213 B

BEST AVAILABLE COPY

JAN 0973210

AT 403 213-B

Die Erfindung betrifft einen Bodenfeuchtesensor (im folgenden kurz Sensor genannt), mit:

- mindestens zwei in den Boden einsteckbare Elektroden (2a,2b)
- eine Einrichtung (1) zum Anlegen einer Wechselspannung an die Elektroden und
- eine Einrichtung zum Bilden eines von der elektrischen Kapazität (C) zwischen den Elektroden (2a,2b) abhängigen Ausgangssignals.

Derartige Sensoren sind beispielsweise US.5,424,649A, der FR 2598810 A1 und der US 4,259,632 A bekannt.

Um einen kostengünstigeren und konstruktiv einfacheren Sensor zu schaffen, ist erfindungsgemäß ein Sensor vorgesehen, der dadurch gekennzeichnet ist, daß die elektronischen Bauteile des Bodenfeuchtesensors auf einer Platine angeordnet sind und die Elektroden als Leiterbahnen auf vorzugsweise derselben Platine ausgebildet sind.

Der Sensor ist zur Messung der Bodenfeuchte in Erde ebenso wie in sandigen oder steinigen Böden geeignet. Er bzw. seine Elektroden wird (werden) in den Erdboden eingegraben, je nach Bauform beträgt das Meßvolumen etwa 15-100 ml. Die Hauptvorteile dieses Sensors sind das einfache und damit kostengünstige Design, der geringe Stromverbrauch und ein Standardspannungsausgang, der eine einfache Anbindung an Meß- und Steuerungsanlagen ermöglicht (etwa für Bewässerungen, Rasensprenger, etc.)

Der Sensor ist für Anwendungen konzipiert, bei denen es nicht in erster Linie auf hohe Genauigkeit und Präzision ankommt. Er ist als Alternative zu billigen Sensoren wie Leitfähigkeitsblöcken (z.B. aus Gips) gedacht, weist jedoch eine wesentlich bessere Langzeitstabilität auf.

Aufgrund der hohen Dielektrizitätskonstante des Wassers kann die elektrische Kapazität zwischen Sensorelektroden, die in den Erdboden eingegraben oder eingestochen werden, zur Messung der Bodenfeuchtigkeit verwendet werden. Bei anderen Sensoren werden Meßfrequenzen zwischen 30 MHz und 3 GHz verwendet, da in diesem Bereich die Dielektrizitätskonstante fast nur vom volumetrischen Wassergehalt bestimmt wird und unabhängig von Bodentyp, Bodenzusammensetzung (Mineralböden, Humus) und vom Salzgehalt ist.

Im Gegensatz dazu mißt der vorliegende Sensor die Kapazität bei Betriebsfrequenzen zwischen 100 kHz und 5 MHz. Bei diesen niedrigen Frequenzen werden die Dielektrizitätskonstanten von Böden zusätzlich durch elektrische Dipole in der Bodenmatrix und durch Oberflächenpolarisationen stark beeinflusst. Es hat sich aber gezeigt, daß auch diese indirekten, sehr komplexen Effekte im wesentlichen mit der Bodenfeuchtigkeit zusammenhängen. Dadurch werden zwar die Eichkurven des Sensors etwas abhängig vom jeweiligen Bodentyp, die niedrige Betriebsfrequenz erlaubt jedoch eine wesentlich einfachere Konstruktion der Meßelektronik und reduziert den Stromverbrauch drastisch.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden anhand der nachstehenden Figurenbeschreibung näher erläutert.

Fig. 1 zeigt ein elektrisches Blockschaltbild. Die Figuren 2 bis 4 zeigen verschiedene Bauformen. Ein Quarz-Oszillator erzeugt als Einrichtung 1 zum Anlegen einer Wechselspannung ein 2 MHz Rechtecksignal (Fig. 1). Dieses Rechtecksignal wird über einen Widerstand R auf die aktive Elektrode 2a gelegt, die gegenüberliegende Elektrode 2b wird mit Masse verbunden. Die Elektrodenkapazität ist also in Form eines RC-Gliedes geschaltet, dessen Zeitkonstante eine Phasenverzerrung des Rechtecksignals bewirkt. Diese Phasenverzerrung wird in eine Pulsbreite umgesetzt, indem das verzerrte Signal durch ein Und-Gatter 3 (Schmitt-Trigger Eingänge) mit dem Oszillatorsignal umgekehrter Polarität (180° phasenverschoben) verglichen wird. Das Pulsbreitensignal dieses Phasen-Detektors wird durch ein Siebglied R₁, C₁ geglättet, ein Skalier- und Pufferverstärker 4 liefert schließlich das Ausgangssignal (Standard 0-1V).

Der Oszillator 1 und der Phasendetektor (Und-Gatter 3) werden mit high-speed CMOS Gattern realisiert. Die Betriebsspannung wird von einem Micropower 5V-Regler stabilisiert (Typen mit geringer Längsspannung erlauben den Betrieb von 6V Batterien). Als Ausgangsverstärker dient ein Typ mit einfacher Spannungsversorgung, der im Nullpunkt und in der Verstärkung über Stellglieder 4a,4b einstellbar ist.

Diese Konstruktion erlaubt Betriebsfrequenzen zwischen 100 kHz und 5 MHz. Bei etwa 2 MHz läßt sich eine geringe Stromaufnahme (z.B. 4 mA) mit einer kurzen Einstelldauer (z.B. 4 ms) nach dem Einschalten kombinieren.

Bei den Bauformen gemäß Fig. 2 und Fig. 3 sind die Elektroden 2a,2b als Stäbe ausgeführt. Sie sind mit einer Isolierschicht 5 ummantelt, sodaß nur kapazitive Ströme fließen können (bei 2 MHz Betriebsfrequenz müßte andernfalls noch die Elektrolytleitfähigkeit des Bodens berücksichtigt werden, was eine aufwendigere Elektronik erfordern würde). Die Sensorstäbe sind in ein abgedichtetes Gehäuse 6 eingelassen, in dem sich auch die Elektronik befindet. Die Sensoren können in unterschiedlicher Größe ausgeführt werden. Eine verbesserte Abschirmung gegen äußere elektrische Einflüsse läßt sich erreichen, indem nur die aktive Meßelektrode 2a isoliert und zwischen zwei blanken Masseelektroden 2b angeordnet wird (Fig. 3). Diese Konstruktion bewährt sich besonders, wenn mehrere Sensoren unmittelbar nebeneinander betrie-

AT-403-213-B

ben werden sollen.

Als Option können diese Sensoren zusätzlich einen Temperaturfühler zur simultanen Messung der Bodentemperatur enthalten.

Bei der Weiterentwicklung gemäß Fig. 4 ist der Herstellungsaufwand dadurch wesentlich verringert, daß der gesamte Sensor einschließlich der Elektroden 2a,2b auf einer einzigen gedruckten Schaltung (Platine 7) untergebracht ist. Die Elektronik am oberen Ende der Platine und die Kabelanschlüsse werden vergossen (z.B. in Epoxid 8). Die Elektroden 2a,2b am unteren Ende werden auf der Platine ein- oder zweiseitig ausgeführt, die Isolierung erfolgt durch eine mechanisch robuste Beschichtung (z.B. Metallprimer und Epoxid). Die aktive Meßelektrode 2a ist von der Masseelektrode 2b umgeben, die auch bei dieser Bauform für eine verstärkte Abschirmwirkung blank gelassen werden kann. In diesem Fall wird die Oberfläche durch Verzinne oder Vergolden passiviert. Auch diese Bauform kann optional einen Temperaturfühler enthalten.

Patentansprüche

1. Bodenfeuchtesensor mit:
 - mindestens zwei in den Boden einsteckbaren Elektroden
 - einer Einrichtung zum Anlegen einer Wechselspannung an die Elektroden und
 - einer Einrichtung zum Bilden eines von der elektrischen Kapazität zwischen den Elektroden abhängigen Ausgangssignals, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronischen Bauteile des Bodenfeuchtesensors auf einer Platine (7) angeordnet sind und die Elektroden (2a, 2b) als Leiterbahnen auf vorzugsweise derselben Platine (7) ausgebildet sind.
2. Bodenfeuchtesensor nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronischen Bauteile in einer aushärtbaren Masse, beispielsweise Epoxidharz, eingegossen sind.
3. Bodenfeuchtesensor nach Anspruch 10 oder Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die als Elektroden (2a,2b) wirkenden Leiterbahnen zumindest teilweise durch eine Beschichtung, beispielsweise Metallprimer oder Epoxidharz abgedeckt und isoliert sind.
4. Bodenfeuchtesensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß alle Elektroden (2a,2b) von einer Isolierschicht ummantelt bzw. abgedeckt sind.
5. Bodenfeuchtesensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine Elektrode (2a) von einer Isolierschicht ummantelt bzw. abgedeckt ist, während die andere(n) als Masseelektrode(n) ausgeführte(n) Elektrode(n) (2b) blank ist (sind).
6. Bodenfeuchtesensor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine von einer Isolierschicht (5) ummantelte bzw. abgedeckte Elektrode (2a) zwischen zwei Masseelektroden (2b) angeordnet ist.
7. Bodenfeuchtesensor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung (1) zum Anlegen einer Wechselspannung eine Wechselspannung mit einer Frequenz zwischen 100 kHz und 5 MHz, vorzugsweise in etwa 2 MHz erzeugt.
8. Bodenfeuchtesensor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung (1) zum Anlegen einer Wechselspannung eine Rechteckspannung erzeugt.
9. Bodenfeuchtesensor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (2a,2b) die Kapazität C eines R-C-Gliedes bilden, das eingangsseitig von der Einrichtung (1) zum Anlegen einer Wechselspannung gespeist wird und das ausgangssseitig ein phasenverzerrtes Signal liefert, aus dem das von der Kapazität zwischen den Elektroden (2a,2b) abhängige Ausgangssignal gewonnen wird.
10. Bodenfeuchtesensor nach Anspruch 9, gekennzeichnet durch ein Und-Gatter (4) mit Schmitt-Trigger-eingängen, wobei an den ersten Eingang das durch das R-C-Glied phasenverzerrte Signal angelegt ist und wobei an den zweiten Eingang ein Referenzsignal angelegt ist, welches gegenüber der eingangsseitig an das R-C-Glied angelegten Wechselspannung um 180° phasenverschoben ist.

AT 403.213.B

11. Bodenfeuchtesensor nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgangssignal des Und-Gatters (4) vorzugsweise über ein Siebglas geglättet und gegebenenfalls verstärkt wird.

Hiezu 2 Blatt Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

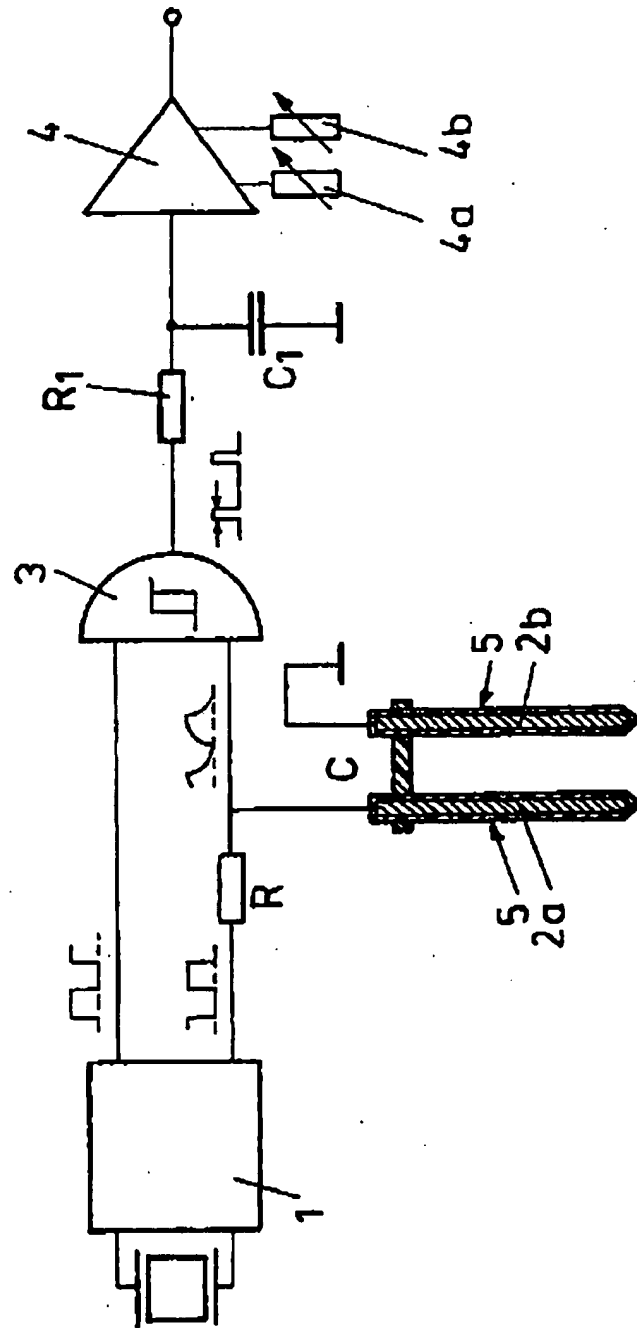
50

55

ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT
Ausgegeben 29.12.1997
Blatt 1

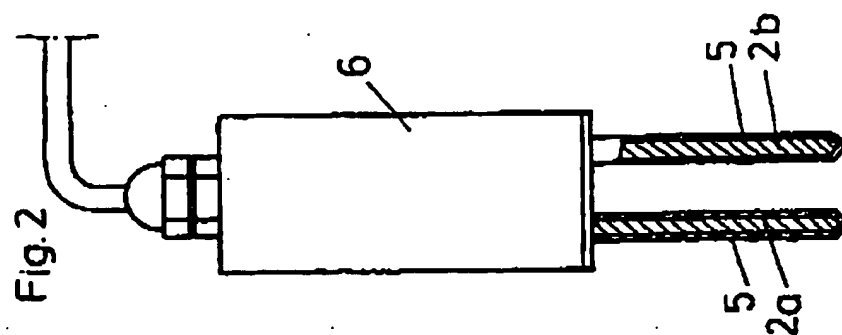
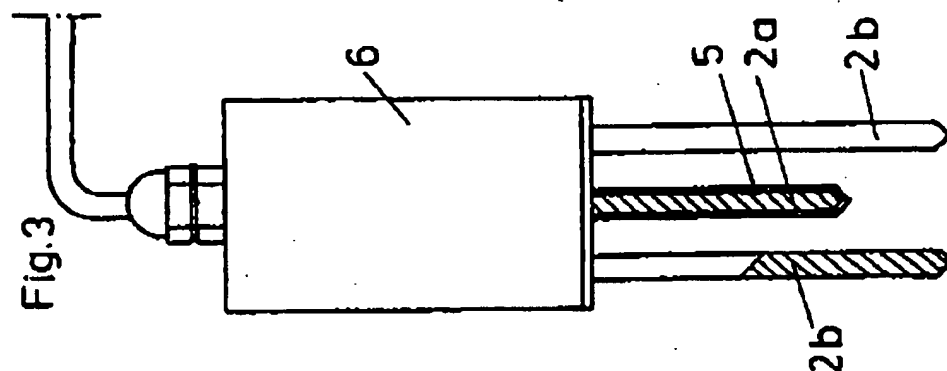
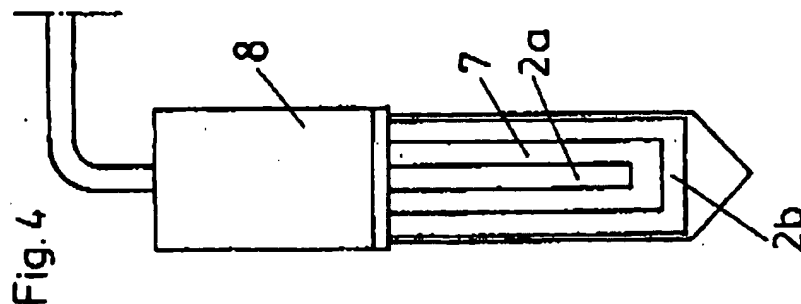
Patentschrift Nr. AT 403 212 B
Int. Cl. : G01N 27/22

Fig. 1



ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT
Ausgegeben 29.12.1997
Blatt 2

Patentschrift Nr. AT 403 213 B
Int. Cl. : G01N 27/22



PTO 04-1645

Austrian Patent
Document No. AT 403 213 B

SOIL MOISTURE SENSOR

[Bodenfeuchtesensor]

Not named

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Washington, D.C.

February 2004

Translated by: Schreiber Translations, Inc.

Country : Austria

Document No. : AT 403 213 B

Document Type : Patent

Language : German

Inventor : Not named

Applicant : Ruediger Kaufmann, Innsbruck Tirol,
Austria

IPC : G 01 N 27/22

Application Date : March 13, 1996

Publication Date : December 19, 1997

Foreign Language Title : Bodenfeuchtesensor

English Title : SOIL MOISTURE SENSOR

SOIL MOISTURE SENSOR

A soil moisture sensor has at least two electrodes (2a, 2b) that can be inserted into the soil as well as a device (1) for applying an alternate voltage on the electrodes. A device for forming an output signal that is dependent from the electric capacity (C) is provided between the electrodes (2a, 2b). It is provided in accordance with the invention, that the electronic components of the soil moisture sensor are arranged on a printed circuit board (7) and the electrodes (2a, 2b) are configured as printed conductors preferably on the same printed circuit board (7).

/2

The invention concerns a soil moisture sensor (called sensor for short in the following) having:

- at least two electrodes (2a, 2b) that can be inserted into the soil,
- a device (1) for applying an alternate voltage on the electrodes, and
- a device for forming an output signal dependent from the capacity (C) between the electrodes (2a, 2b).

¹ Numbers in the margin indicate pagination in the foreign text.

Such sensors are known, for example, from United States patent 5,424,649 A, French patent 2598810 A1, and United States patent 4,259,632 A.

To create an economic and constructively more simple sensor, a sensor is provided in accordance with the invention, which is characterized in that the electronic components of the soil moisture sensor are arranged on a printed circuit board and the electrodes are configured as printed conductors preferably on the same printed circuit board.

The sensor is suitable for measuring the soil moisture in the soil as well as in sandy or rocky ground. Its electrode or electrodes is (are) inserted into the soil and, depending on the design, the measuring volume amounts to 15-100 ml. The main advantages of this sensor are the simple and therewith economic design, the low current consumption, and a standard voltage output, which makes possible a simple connection to measuring and control units (possibly for irrigation, sprinklers, et cetera).

The sensor is conceived for uses in which a high accuracy and precision are not of foremost importance. It is conceived as an alternative to cheap sensors such as conductivity blocks (for example, of plaster), but has an essentially better long-term stability.

Because of the high dielectricity constant of the water, the electric capacity between sensor electrodes that are buried or inserted into the soil can be used for measuring the soil moisture. In other sensors are used measuring frequencies of between 30 MHz and 3 GHz, since within this range the dielectricity constant is determined almost exclusively volumetrically by the water content and is independent from the soil type, soil composition (mineral soils, humus), and from the salt content.

In contrast thereto, the sensor of the invention measures the capacity of the operating frequencies between 100 KHz and 5 MHz. At these low frequencies, the dielectricity constants of soils are also strongly influenced by the electric dipoles in the soil matrix and by the surface polarization. However, it has been shown that also these indirect, very complex effects are connected fundamentally to the soil moisture. In this way, the echo curves of the sensor become somewhat dependent from the respective soil type, but the low operating frequency allows a fundamentally more simple construction of the measuring electronics and reduces drastically the current consumption.

Further advantages and details of the invention will be explained based on the following description of the figures.

Fig. 1 shows an electric block circuit diagram. Figs. 2 to 4 show different designs.

A quartz oscillator generates as device 1 for applying an alternate voltage a 2 MHz square wave signal (Fig. 1). This square wave signal is applied via a resistance R on the active electrode 2a, the opposite-lying electrode 2b is connected to ground. The electrode capacity is thus connected in the form of a RC element whose time constant effects a phase distortion of the square wave signal. This phase distortion is converted into a pulse width by comparing the distorted signal via an AND gate 3 (Schmitt trigger inputs) with the oscillator signal having a reversed polarity (phase-delayed by 180°). The pulse width signal of this phase detector is smoothed out via a filter element R_1 , C_1 , and a scaling and buffer amplifier 4 finally supplies the output signal (Standard 0-1 V).

The oscillator 1 and the phase detector (AND gate 3) are realized with high-speed CMOS gates. The operating voltage is stabilized by a micropower SV controller (types with low longitudinal voltage allow the operation of 6V batteries). As output amplifier serves a type with simple voltage supply, which can be adjusted in the zero position and in the reinforcement of the correcting elements 4a, 4b.

This construction allows operating frequencies between 100 KHz and 5 MHz. With about 2 MHz can be combined a low current absorption (for example, 4 mA) with a short adjusting period (for example, 4 ms) after activation.

In the designs according to Fig. 2 and Fig. 3, the electrodes 2a, 2b are configured as rods. They are encapsulated in an isolating layer 5, so that only capacitive currents can flow (with a 2 MHz operating current would have to be taken into account otherwise also the electrolytic conductivity of the soil, which would require more complex electronics). The sensor rods are installed in a sealed housing 6, in which the electronics are located. The sensors can be configured in different sizes. An improved screening against external electrical influences can be achieved in that only the active measuring electrode 2a is isolated and is arranged between two blank earth electrodes 2b (Fig. 3). This construction has proven to be particularly advantageous if several sensors are to be operated directly side by side. /3

As an option, these sensors can include, in addition, a temperature sensor for simultaneous measurement of the soil temperature.

In the further development in accordance with Fig. 4, the manufacturing expense is reduced considerably by accommodating

the entire sensor, including the electrodes 2a, 2b, on a single printed circuit (printed circuit board 7). The electronics at the upper end of the printed circuit board and the cable connections are potted (for example, in epoxide 8). The electrodes 2a, 2b at the lower end are configured single or double sided on the printed circuit board, the isolation occurs via a mechanically robust coating (for example, metal primer and epoxide). The active measuring electrode 2a is encased by the earth electrode 2b, which can also be left blank in this design to achieve an amplified screen effect. In this case, the surface is passivated via a tinning or gilding. This design can also include an optional temperature sensor.

Patent Claims

1. A soil moisture sensor having

- at least two electrodes (2a, 2b) that can be inserted into the soil,
- a device (1) for applying an alternate voltage on the electrodes, and
- a device for forming an output signal dependent from the capacity (C) between the electrodes (2a, 2b),

wherein the electronic components of the soil moisture sensor are arranged on a printed circuit board (7) and the

- electrodes (2a, 2b) are configured as printed conductors preferably on the same printed circuit board (7).
2. The soil moisture sensor of claim 10, wherein the electronic components are potted in a hardenable mass, for example, epoxy resin.
 3. The soil moisture sensor of claim 10 or 11, wherein the printed conductors acting as electrodes (2a, 2b) are at least partially covered and isolated by a coating, for example, a metal primer or epoxy resin.
 4. The soil moisture sensor of one of the claims 1 to 3, wherein all the electrodes (2a, 2b) are encapsulated or covered with an isolating layer.
 5. The soil moisture sensor of one of the claims 1 to 3, wherein an electrode (2a) is encapsulated or covered with an isolating layer, while the other electrode(s) (2b) configured as earth electrode(s) is (are) blank.
 6. The soil moisture sensor of one of the claims 1 to 5, wherein an electrode (2a) encapsulated or covered with an isolating layer (5) is arranged between two earth electrodes (2b).
 7. The soil moisture sensor of one of the claims 1 to 6, wherein the device (1) for applying an alternate voltage generates a frequency of between 100 KHz and 5 MHz, preferably about 2 MHz.

8. The soil moisture sensor of one of the claims 1 to 7, wherein the device (1) for applying an alternate voltage generates a square wave voltage.
9. The soil moisture sensor of one of the claims 1 to 8, wherein the electrodes (2a, 2b) form the capacity (C) of a RC element, which is fed at the input by the device (1) for applying an alternate voltage and which delivers at the output side a phase-distorted signal, from which the output signal is obtained, which is dependent from the capacity between the electrodes (2a, 2b).
10. The soil moisture sensor of claim 9 having an AND gate (4) with Schmitt trigger inputs, wherein the phase-distorted signal is applied on the first input via the RC element and wherein a reference signal is applied on the second input, which is phase-delayed by 180° with respect to the alternate voltage applied on the RC element at the input side. /4
11. The soil moisture sensor of claim 10, wherein the output signal of the AND gate (4) is smoothed preferably via a filter element, and is amplified if required.

2 sheets of drawing are enclosed

AUSTRIAN PATENT OFFICE

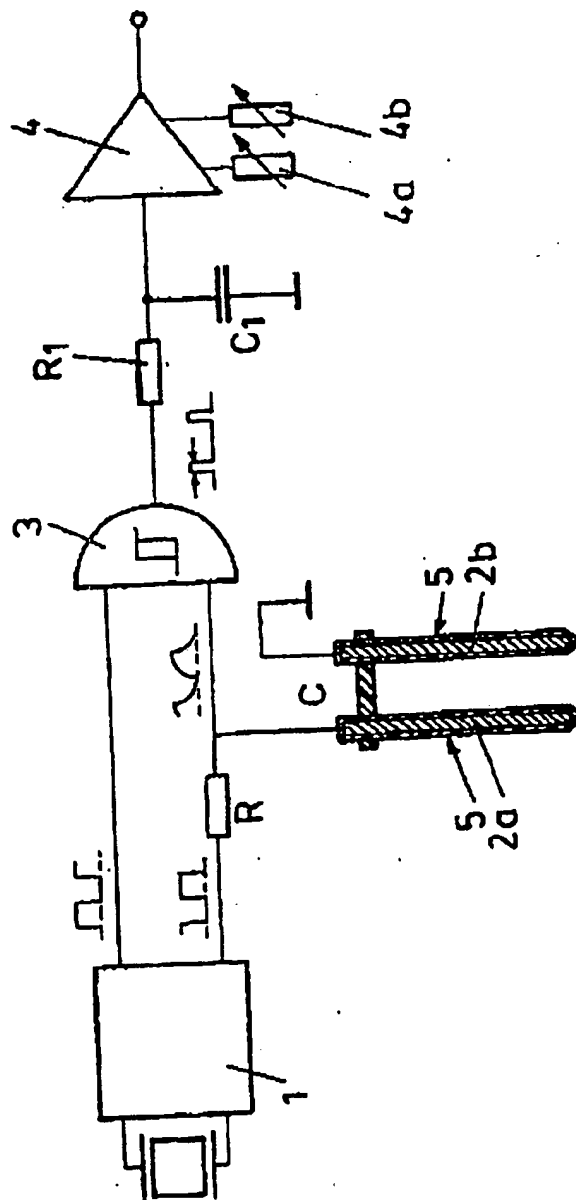
Patent Specification No. AT 403 213 B

Issued on 12/29/1997

Int. Cl. : G 01 N 27/22

Page 1

Fig. 1



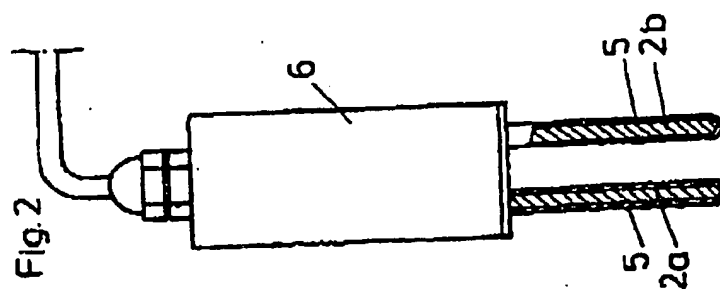
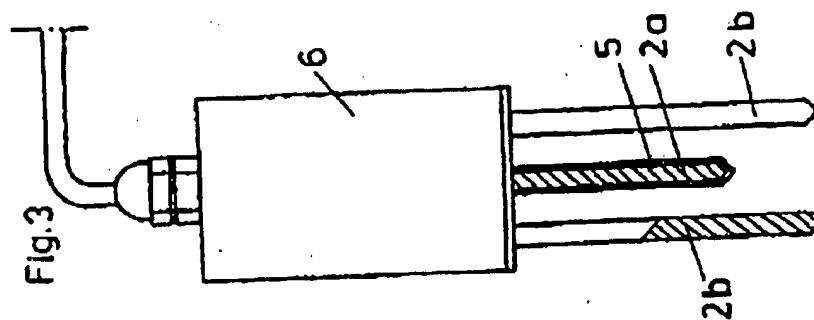
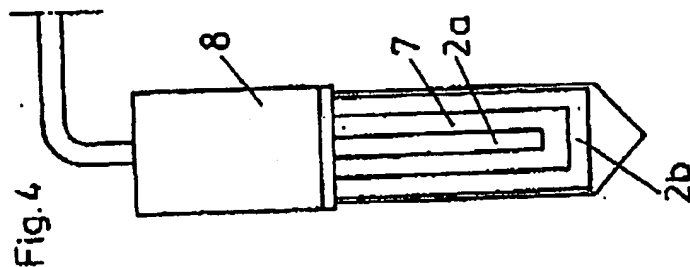
AUSTRIAN PATENT OFFICE

Patent Specification No. AT 403 213 B

Issued on 12/29/1997

Int. Cl. : G 01 N 27/22

Page 2



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.